

First Hit☐ Generate Collection

L16: Entry 13 of 16

File: JPAB

Dec 17, 1987

PUB-NO: JP362291073A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 62291073 A  
TITLE: SEMICONDUCTOR DISTORTION DETECTOR

PUBN-DATE: December 17, 1987

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

FUKAZAWA, TAKESHI  
MIZUKOSHI, MASATO  
ARIGA, KATSUHIKO  
YAMAGUCHI, KIMIYAKI  
HARA, KUNIHICO

## ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NIPPON DENSO CO LTD

APPL-NO: JP61134245  
APPL-DATE: June 10, 1986

INT-CL (IPC): H01L 29/84

## ABSTRACT:

PURPOSE: To separate electrically a substrate and semiconductor distortion gage to the full even under high temperature and pressure and obtain high reliability even in mechanical strength by forming a piezo-resistance layer at a given area of polycrystal silicon layer that is formed on the substrate through an insulated layer and performing an anodic junction for the above resistance layer through the insulated layer and thin film for junction.

CONSTITUTION: A polysilicon layer 3 is formed through a first insulated layer 2 on the main surface of a substrate 1 with a thin distorted area 13 at a portion of its substrate and a piezo-resistance layer 4 is formed by introducing impurities at a given area of portion corresponding to the distorted area 13 in the polycrystal layer 3. In addition, a thin film 7 for junction is formed through a second insulated layer 6 on the surface of the piezo-resistance 4 as well as the polycrystal silicon layer 3 and a pedestal 9 which is formed to include the portion corresponding to the above distorted area 13 and nearly enough to make a reference pressure chest 10 with a hole on its bottom is connected to the above thin film 7 for junction according to an anodic junction. For instance, the above substrate 1 is composed of monocrystal silicon substrate, the thin film 7 is polycrystal silicon layer, the insulated layers 2 and 6 are silicon oxide film, and members of pedestal 9 are composed of boro-silicated glass and the like having nearly the same thermal expansion coefficient as that of thin film 7 for junction.

COPYRIGHT: (C)1987,JPO&amp;Japio

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-291073

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)12月17日

H 01 L 29/84

B-6819-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 半導体歪検出器

⑯ 特 願 昭61-134245

⑰ 出 願 昭61(1986)6月10日

⑱ 発 明 者	深 沢 剛	刈谷市昭和町1丁目1番地	日本電装株式会社内
⑱ 発 明 者	水 越 正 人	刈谷市昭和町1丁目1番地	日本電装株式会社内
⑱ 発 明 者	有 賀 勝 彦	刈谷市昭和町1丁目1番地	日本電装株式会社内
⑱ 発 明 者	山 口 公 昭	刈谷市昭和町1丁目1番地	日本電装株式会社内
⑱ 発 明 者	原 邦 彦	刈谷市昭和町1丁目1番地	日本電装株式会社内
⑲ 出 願 人	日本電装株式会社	刈谷市昭和町1丁目1番地	
⑳ 代 理 人	弁理士 岡 部 隆		

## 明 細 書

### 1. 発明の名称

半導体歪検出器

### 2. 特許請求の範囲

(1) 薄肉の起歪領域をその一部に有する基板と、  
該基板の主表面に第1の絶縁層を介して形成され  
た多結晶シリコン層と、

該多結晶シリコン層内の前記起歪領域に相当す  
る部分の所定領域に不純物を導入する事によって  
形成されるピエゾ抵抗層と、

該ピエゾ抵抗層及び前記多結晶シリコン層の表  
面上に第2の絶縁層を介して形成される接合用薄  
膜と、

前記起歪領域に相当する部分を含むように形成  
され基準圧室を作るべく有底孔を有し、前記接合  
用薄膜と陽極接合される台座とを備える事を特徴  
とする半導体歪検出器。

(2) 上記基板が単結晶シリコン基板であり、上記

接合用薄膜が多結晶シリコン層である特許請求の  
範囲第1項記載の半導体歪検出器。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (産業上の利用分野)

本発明は半導体歪検出器に係り、例えば高温に  
おいて高圧を測定するのに好適な半導体歪検出器  
に関する。

#### (従来技術)

通常シリコン、ゲルマニウム等の半導体歪検出  
素子においては機械的応力を加える事によってピ  
エゾ抵抗効果によりその抵抗値が変化する。この  
ような物理的現象を利用した半導体歪検出器が従  
来より種々提案されている。例えば、シリコンを  
用いた半導体圧力センサの場合、単結晶シリコン  
基板の一部に起歪領域となる薄肉部を形成し、そ  
の薄肉部、いわゆるダイアフラム部の主表面内に  
半導体歪ゲージを拡散層等で形成して、ダイアフ

(1)

(2)

ラム部に加わる圧力により半導体歪ゲージを變形させ、ピエゾ抵抗効果による抵抗値の變化を検出して圧力を測定している。ここで、単結晶シリコン基板と半導体歪ゲージとの電氣的分離は単結晶シリコン基板内に形成されるPN接合にて行なっている。

しかし、上記のような半導体圧力センサは高温において使用するとPN接合部においてリーク電流が増加してしまい、安定した測定が困難になるという問題があり、この問題を解決する為第2図に示すような半導体圧力センサが提案されている。図において、21はダイアフラム部21aの形成されたシリコン基板であり、22はシリコン基板21上に形成されたシリコン酸化膜( $\text{SiO}_2$ )等の絶縁膜である。そして、ダイアフラム部21aに相対する位置の絶縁膜22上に多結晶シリコン等から成る半導体歪ゲージ23を蒸着法等により形成する。又、シリコン基板21の厚肉部は圧力媒体を導入するための貫通孔を有したガラス等から成る台座24と陽極接合して固定されている。

(3)

された多結晶シリコン層と、該多結晶シリコン層内の前記起歪領域に相当する部分の所定領域に不純物を導入する事によって形成されるピエゾ抵抗層と、該ピエゾ抵抗層及び前記多結晶シリコン層の表面上に第2の絶縁層を介して形成される接合用薄膜と、前記起歪領域に相当する部分を含むように形成され基準圧室を作るべく有底孔を有し、前記接合用薄膜と陽極接合される台座とを備えている。

## 〔作用〕

上記の手段によると、基板とピエゾ抵抗層とは第1の絶縁層にて電氣的に完全に分離され、又、第1の絶縁層上に島状にピエゾ抵抗層を形成するのではなく、その上に形成された多結晶シリコン層内に不純物のイオン注入または拡散によってピエゾ抵抗層が形成されるので表面が平坦になり、その上に形成される接合用薄膜と台座とを強固に陽極接合できる。又、圧力が加わった際に、陽極接合部には主として圧縮応力が加わり、引張り応

(5)

## 〔発明が解決しようとする問題点〕

しかしながら、第2図に示す構造の半導体圧力センサによると、半導体歪ゲージ23とシリコン基板21とは絶縁膜22によって電氣的に完全に分離されるものの、圧力が加わった際に、陽極接合部25に引張り応力が集中してしまい、高温とくに高圧下においてはガラス製の台座24の引張り強度が比較的小さいため陽極接合部25とりわけ、台座24側にて破損してしまう可能性があり、強度面において信頼性が低いという問題がある。

そこで本発明は、上記の問題点に鑑みて創案されたもので、高温・高圧下においても基板と半導体歪ゲージとを電氣的に完全に分離し、しかも強度面においても信頼性の高い半導体歪検出器を提供する事を目的としている。

## 〔問題点を解決するための手段〕

上記の目的を達成する為本発明の半導体歪検出器は、薄肉の起歪領域をその一部に有する基板と、該基板の主表面に第1の絶縁層を介して形成

(4)

力の集中は起こらない。

## 〔実施例〕

以下、本発明を図に示す実施例を用いて説明する。第1図(a)は本発明を半導体圧力センサに適用した一実施例の平面図であり、同図(b)はそのA-A線断面図である。図において、1は単結晶シリコン基板であり、その主表面上にはシリコンを熱酸化する事によって生成された厚さ500Å程度のシリコン酸化膜による絶縁層2が形成されている。尚、この絶縁層2は言うまでもなくシリコンを熱窒化したシリコン窒化膜( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )でもよく、又、CVD法等によって形成されたもの、スパッタ法で形成された $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、半絶縁性多結晶シリコン(SIPOS)等であってもよく、高温においても高い絶縁性を有する層であればよい。そして、絶縁層2上にはCVD法等により厚さ1~3μm程度の高比抵抗を有する多結晶シリコン層3が形成される。

そして、多結晶シリコン層3内の4ヶ所の所定

(6)

領域に例えばホウ素(B)等の不純物をイオン注入する事により半導体歪ゲージとしてのP型導電型のビエゾ抵抗層4を形成する。同じく多結晶シリコン層3内の所定領域にホウ素等の不純物を高濃度にイオン注入し、互いのビエゾ抵抗層4を電氣的に接続し、ブリッジ回路を形成するための低比抵抗を有する配線層5を形成する。さらに、配線層5上に部分的に真空蒸着法等によりアルミニウムより成る電極11を形成する。

そして、多結晶シリコン層3、ビエゾ抵抗層4及び配線層5上の所定領域にCVD法等によりシリコン酸化膜等から成る絶縁層としてパッシベーション膜6を形成する。さらに、パッシベーション膜6上には陽極接合するために、CVD法等により例えば多結晶シリコンが3 $\mu$ m程度の厚さに堆積された接合用薄膜7が形成される。尚、本実施例においては、接合用薄膜7はコンタクトホール8を介して単結晶シリコン基板1と電氣的に接続されている。又、単結晶シリコン基板1は例えば、水酸化カリウム水溶液等を用いた異方性エッ

(7)

そこで上記構成によると、ビエゾ抵抗層4及び配線層5は絶縁層2によって単結晶シリコン基板1から電氣的に完全に絶縁されているので、高温においてもリーク電流の影響を受ける事がない。又、従来の構造のように絶縁層の上に蒸着法等によってビエゾ抵抗層を形成するのではなく、絶縁層2上に形成された多結晶シリコン層3内にビエゾ抵抗層4及び配線層5を不純物のイオン注入あるいは拡散により形成しているのので、段差のない全く平坦な表面が得られ、したがってパッシベーション膜6、接合用薄膜7の形成後も平坦な表面を有することになり、接合用薄膜7と台座9との陽極接合を強固に行う事ができる。また、圧力を加えた場合、圧力媒体は図中矢印方向より加わり、陽極接合部には主として圧縮応力が加わる。ここで台座9における強度は引張り強度よりも圧縮強度の方が数倍以上大きいため、陽極接合部の台座9側での破壊が非常に起こりにくくなる。そこで高温・高圧下においても強度的に信頼性が高くなる。

(9)

チングによってその厚みを一部薄くして起歪領域、いわゆるダイヤフラム部13を形成する。

そして、ダイヤフラム部13に相当する部分を含むように有底孔を有した台座9を接合用薄膜7上に配置し、この状態で接合用薄膜7と台座9との陽極接合を行い、基準圧室10を形成する。尚、台座9の部材としては接合用薄膜7とほぼ同じ熱膨張係数を有したものがよく、例えば本実施例の場合においては、ほうけい酸ガラス(例えば商品名バイレックスガラス)あるいは結晶化ガラス(商品名デビトロン)、ムライト(3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・2SiO<sub>2</sub>)等が望ましい。又、陽極接合を基準圧力下、例えば真空状態にて行えば基準圧室10の圧力は真空圧に保持され、被測定媒体の絶対圧を測定することができる。又、この半導体圧力センサを装置に組み付ける際には、その装置との間の気密性は、例えば単結晶シリコン基板1の厚肉部の表面1aにOリングが接するようにして、その状態で台座9上よりかしめて固定するといったようにして確保してもよい。

(8)

次に、第3図(a)は本発明の他の実施例の平面図であり、同図(b)はそのB-B線断面図である。図において、31、32、33、34、35は第1図における実施例と同様な方法で形成されたそれぞれ単結晶シリコン基板31、絶縁層32、多結晶シリコン層33、ビエゾ抵抗層34、配線層35である。そして、パッシベーション膜36が多結晶シリコン層33、ビエゾ抵抗層34及び配線層35上に形成される。尚、パッシベーション膜36は第1図における実施例とは違って配線層35上に形成されるアルミニウムによる電極11の周辺にも形成されており、その外側の輪郭は多結晶シリコン層33の輪郭と等しくなっている。そして、パッシベーション膜36上に接合用薄膜37を形成し、さらに、その上に基準圧室40を形成するための有底孔を有した、又、複数の例えば電極41の数に等しい数の貫通孔39aを形成したガラス39を配置して、接合用薄膜37と台座39との陽極接合を行う。又、台座39の表面上にはAg-Pd等よりなるボンディング

(10)

パッド部42があらかじめ、印刷、焼成してあり、このボンディングパッド部42と電極41とはボンディングワイヤ43によりワイヤボンドされている。

そこで本実施例によると、第1図における実施例と同等な効果が得られるだけでなく、同時に多数の半導体圧力センサを製造可能となり、製造コストを低減する事ができる。すなわち、第4図のウェハ状態の模式的断面図に示すように、互いの輪郭が等しいのでウェハ状態において単結晶シリコン基板31上に各層が形成されたウェハ50と台座39のウェハ51を合わせてこの状態で陽極接合が行なわれ、その後、図中一点鎖線に沿って切断され各々の半導体圧力センサとする事ができる。

尚、本発明は上記の二つの実施例に限定される事なく、その主旨を逸脱しない限り例えば以下の如く種々変形可能である。

(1)接合用薄膜7、37は、台座9、39と陽極接合可能な部材であればよく、それは、シリコン

(11)

氣的に完全に分離されているので高温においてもリーク電流の影響を受ける事なく安定した測定が可能となり、又、圧力を加えた際に、陽極接合部には主として圧縮応力が加わり、陽極接合部の台座側での破壊が非常におこりにくくなるので、高温・高圧下においても強度的に信頼性が高くなる。したがって、高温・高圧下で使用可能な半導体圧力検出器を提供できるという優れた効果がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図(a)は本発明の一実施例の平面図、第1図(b)は第1図(a)におけるA-A線断面図、第2図は従来構造の半導体圧力センサの断面図、第3図(a)は本発明の他の実施例の平面図、第3図(b)は第3図(a)におけるB-B線断面図、第4図は第3図における実施例のウェハ状態における模式的断面図である。

1、31…単結晶シリコン基板、2、32…絶縁層、3、33…多結晶シリコン層、4、34…ビエゾ抵抗層、6、36…パッシベーション膜、

(13)

に限定される事なくGe、Ni、Alといった金属又は半導体等の薄膜であればよい。

(2)ビエゾ抵抗層4、34及び配線層5、35は不純物をイオン注入するのではなく、不純物を多結晶シリコン層3、33の表面上にデポジットした後拡散して形成してもよい。又、不純物としては、Al、Ga、In等であってもよく、N型不純物のP、As、Sb等であってもよい。

(3)本発明でいう基板としては、単結晶シリコン基板1、31に限定される事なく、金属による基板、セラミックによる基板等であってもよい。

(4)上記の実施例は絶対圧力を測定する半導体圧力センサを示しているが、例えば、台座9、39に圧力媒体を導入するための貫通孔を形成し、相対圧力を測定する半導体圧力センサとして用いてもよい。

#### (発明の効果)

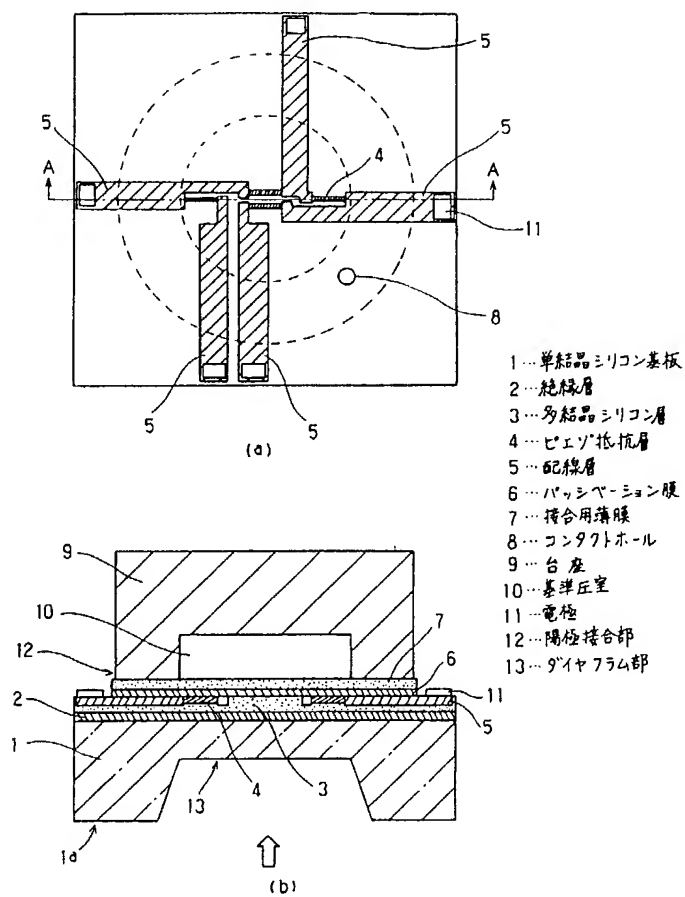
以上述べた如く本発明の半導体圧検出器によると、基板とビエゾ抵抗層とは第1の絶縁層にて電

(12)

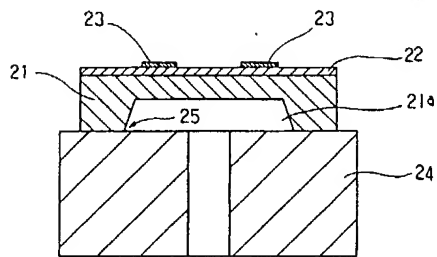
7、37…接合用薄膜、9、39…台座、10、40…基準室圧、12…陽極接合部、13…ダイヤフラム部。

代理人弁理士 岡 部 隆

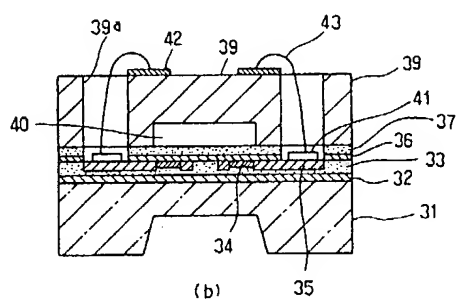
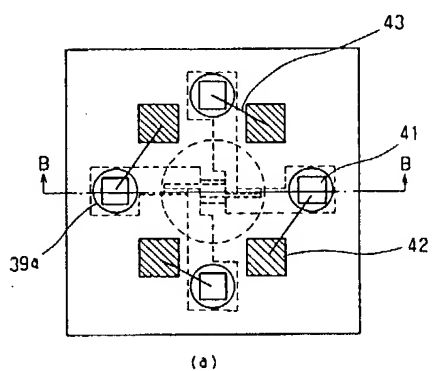
(14)



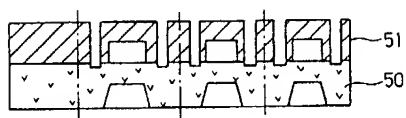
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図

First Hit☐ **Generate Collection**

L17: Entry 2 of 11

File: JPAB

Oct 9, 1998

PUB-NO: JP410270201A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10270201 A

TITLE: CR-N-BASED STRAINED RESISTANCE FILM, MANUFACTURE THEREFOR AND STRAIN SENSOR

PUBN-DATE: October 9, 1998

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NIWA, EIJI

SASAKI, SACHIHIRO

MASUMOTO, TAKESHI

## ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

RES INST ELECTRIC MAGNETIC ALLOYS

APPL-NO: JP09108039

APPL-DATE: March 21, 1997

INT-CL (IPC): H01 C 7/00; G01 B 7/16; H01 C 17/00

## ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a highly stable high-sensitivity thin film for strain sensor by reducing the absolute value of the resistance-temperature coefficient of a Cr thin film, while maintaining the gage factor of the Cr thin film as much as possible.

SOLUTION: This resistance film is set to be composed of a thin film, a having a composition expressed by a general formula  $\text{Cr}_{100-x-y}\text{N}_x\text{M}_y$ , where M represents one or two or more kinds of elements selected from among Ti, V, Nb, Ta, Ni, Zr, Hf, Si, Ge, C, O, P, Se, Te, Zn, Cu, Bi, Fe, Mo, W, As, Sn, Sb, Pb, B, Ga, In, Tl, Ru, Rh, Re, Os, Ir, Pt, Pd, Ag, Au, Co, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Mn, Al, and rare-earth elements and x and y are atomic percentages specified satisfying relations of  $0.0001 \leq x \leq 30$  and  $0 \leq y \leq 30$ , and  $0.0001 \leq x+y \leq 500$ , a crystal structure composed mainly of the bcc structure or a mixed structure of the bcc structure and Al5-type structure, a gage factor of  $\geq 2$ , and temperature coefficient of an electric-resistance  $-4 \times 10^{-4}$  to  $4 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ .

COPYRIGHT: (C)1998, JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-270201

(43)公開日 平成10年(1998)10月9日

(51)Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

F I

H 0 1 C 7/00

H 0 1 C 7/00

D

G 0 1 B 7/16

G 0 1 B 7/16

H 0 1 C 17/00

H 0 1 C 17/00

A

審査請求 未請求 請求項の数3 書面 (全 16 頁)

(21)出願番号

特願平9-108039

(22)出願日

平成9年(1997)3月21日

(71)出願人 000173795

財団法人電気磁気材料研究所

宮城県仙台市太白区八木山南2丁目1-1

(72)発明者 丹羽 英二

宮城県仙台市太白区金剛沢3丁目14-28

(72)発明者 佐々木 祥弘

宮城県仙台市太白区八木山南1丁目9-15

(72)発明者 増本 剛

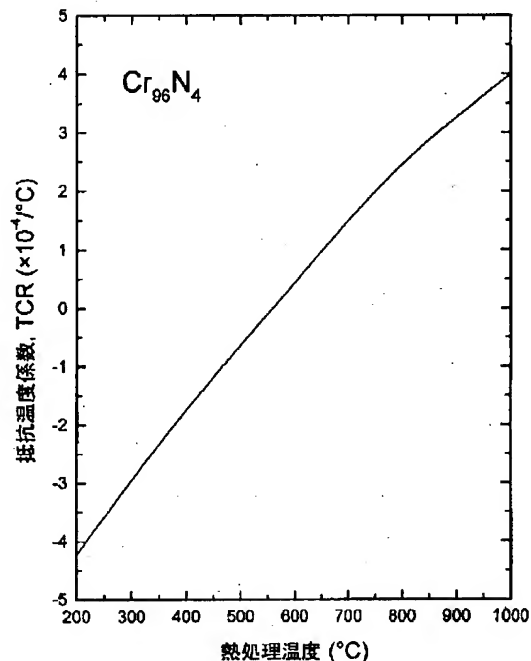
宮城県仙台市太白区八木山南1丁目1-27

(54)【発明の名称】 Cr-N基歪抵抗膜およびその製造法ならびに歪センサ

(57)【要約】

【目的】本発明は、CrおよびNと所要の副成分からなり、ゲージ率が2以上で、且つ抵抗温度係数が $(-4 \sim 4) \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 以内であるCr-N基歪抵抗膜およびその製造法を提供するにある。また、前記歪抵抗膜よりなる歪センサを提供するにある。

【構成】一般式 $\text{Cr}_{100-x-y}\text{N}_x\text{M}_y$ で表され、MはTi、V、Nb、Ta、Ni、Zr、Hf、Si、Ge、C、O、P、Se、Te、Zn、Cu、Bi、Fe、Mo、W、As、Sn、Sb、Pb、B、Ga、In、Tl、Ru、Rh、Re、Os、Ir、Pt、Pd、Ag、Au、Co、Be、Mg、Ca、Sr、Ba、Mn、Alおよび希土類元素から選択される1種または2種以上の元素であり、組成 $x$ 、 $y$ は原子%で $0.0001 \leq x \leq 30$ 、 $0 \leq y \leq 30$ 、 $0.0001 \leq x+y \leq 50$ なる関係を有し、結晶構造が主としてbcc構造または主としてbcc構造とAl5型構造との混合組織からなり、ゲージ率が2以上で、且つ電気抵抗の温度係数が $(-4 \sim 4) \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 以内であることを特徴とするCr-N基歪抵抗膜。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】一般式 $Cr_{100-x-y}N_xM_y$ で表され、MはTi、V、Nb、Ta、Ni、Zr、Hf、Si、Ge、C、O、P、Se、Te、Zn、Cu、Bi、Fe、Mo、W、As、Sn、Sb、Pb、B、Ga、In、Tl、Ru、Rh、Re、Os、Ir、Pt、Pd、Ag、Au、Co、Be、Mg、Ca、Sr、Ba、Mn、Alおよび希土類元素から選択される1種または2種以上の元素であり、組成比 $x$ 、 $y$ は原子%で $0.0001 \leq x \leq 30$ 、 $0 \leq y \leq 30$ 、 $0.0001 \leq x+y \leq 50$ なる関係を有し、結晶構造が主としてbcc構造または主としてbcc構造とAl5型構造との混合組織からなり、ゲージ率が2以上で、且つ電気抵抗の温度係数が $(-4 \sim 4) \times 10^{-4}/^{\circ}C$ 以内であることを特徴とするCr-N基歪抵抗膜。

【請求項2】窒素を含むガス雰囲気中で、蒸着法またはスパッタリング法により、一般式 $Cr_{100-x-y}N_xM_y$ で表され、MはTi、V、Nb、Ta、Ni、Zr、Hf、Si、Ge、C、O、P、Se、Te、Zn、Cu、Bi、Fe、Mo、W、As、Sn、Sb、Pb、B、Ga、In、Tl、Ru、Rh、Re、Os、Ir、Pt、Pd、Ag、Au、Co、Be、Mg、Ca、Sr、Ba、Mn、Alおよび希土類元素から選択される1種または2種以上の元素であり、組成比 $x$ 、 $y$ は原子%で $0.0001 \leq x \leq 30$ 、 $0 \leq y \leq 30$ 、 $0.0001 \leq x+y \leq 50$ なる関係を有し、結晶構造が主としてbcc構造または主としてbcc構造とAl5型構造との混合組織からなるCr-N基歪抵抗膜を、絶縁性基板上に成膜するか、または導電性基板上に絶縁体膜を形成した上に成膜し、ついで該歪抵抗膜を200℃以上1000℃以下の温度で熱処理することを特徴とするCr-N基歪抵抗膜の製造法。

【請求項3】請求項1に記載のCr-N基歪抵抗膜を用いたことを特徴とする歪センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、Cr（クロム）およびN（窒素）を主成分とし、副成分としてTi（チタン）、V（バナジウム）、Nb（ニオブ）、Ta（タンタル）、Ni（ニッケル）、Zr（ジルコニウム）、Hf（ハフニウム）、Si（ケイ素）、Ge（ゲルマニウム）、C（炭素）、O（酸素）、P（リン）、Se（セレン）、Te（テルル）、Zn（亜鉛）、Cu（銅）、Bi（ビスマス）、Fe（鉄）、Mo（モリブデン）、W（タングステン）、As（ヒ素）、Sn（スズ）、Sb（アンチモン）、Pb（鉛）、B（ホウ素）、Ga（ガリウム）、In（インジウム）、Tl（タリウム）、Ru（ルテニウム）、Rh（ロジウム）、Re（レニウム）、Os（オスミウム）、Ir（イリジウム）、Pt（白金）、Pd（パラジウム）、Ag

（銀）、Au（金）、Co（コバルト）、Be（ベリリウム）、Mg（マグネシウム）、Ca（カルシウム）、Sr（ストロンチウム）、Ba（バリウム）、Mn（マンガン）、Al（アルミニウム）および希土類元素のうち1元素または2元素以上の合計0.0001～50%とからなるCr-N基歪（ひずみ）抵抗膜およびその製造法ならびにこの抵抗膜を使用した歪センサ（ストレインゲージとも呼ばれる）に関するもので、その目的とするところはゲージ率（抵抗歪感度）が2以上で、且つ抵抗温度係数が $(-4 \sim 4) \times 10^{-4}/^{\circ}C$ 以内である歪抵抗膜を提供するにある。また、前記歪抵抗膜よりなる歪センサを提供するにある。

## 【0002】

【従来の技術】歪センサは、一般に弾性否によって細線または箔形状のセンサ材の電気抵抗が変化する現象を利用するものであるが、逆に抵抗変化を測定することにより、歪や応力の計測ならびに変換に用いられる。例えば、生産工業における歪計、重量計、加速度計、トルク計、流量計および各種力学量-電気量変換器、土木工業における土圧計、建築業・エネルギー関連業における圧力計、流量計および撓み量計、航空・宇宙・鉄道・船舶関連業における加速度計、トルク計、流量計および各種応力・歪計等に広く利用されており、さらに民生用としての商用秤およびセキュリティ機器等にも多く利用されている。

【0003】歪センサは、その構造が金属細線（10～30 $\mu m$ ）または金属箔（3～5 $\mu m$ ）をグリッド状あるいはロゼット状に配置してなり、またその使用方法としては前記センサ材を被測定物に接着剤で貼り付けし、被測定物に生じた歪をセンサの抵抗変化から間接的に測定するものである。歪センサの感度は、ゲージ率 $K$ によって決まり、 $K$ の値は一般に次の式で与えられる。

## 【0004】

## 【数1】

$$K = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l} = 1 + 2\sigma + \frac{\Delta \rho/\rho}{\Delta l/l}$$

【0005】ここで、 $R$ 、 $\sigma$ 、 $\rho$ および $l$ はそれぞれセンサ材である細線または箔の全抵抗、ポアソン比、比電気抵抗および全長である。一般に、金属・合金における $\sigma$ はほぼ0.3であるから、前記の式における右辺第1項と第2項の合計は約1.6でほぼ一定の値となる。したがってゲージ率を大きくするためには、前記の式における第3項が大きいたことが必須条件である。すなわち、材料に引っ張り変形を与えたとき材料の長さ方向の電子構造が大幅に変化し、比電気抵抗の変化量 $\Delta \rho/\rho$ が増加することによる。

【0006】ゲージ率が大きな材料には半導体の炭素、ケイ素およびゲルマニウム等が知られている。しかしこれら半導体の場合、ゲージ率は10～170と非常に大

きいが、その値の異方性および温度による変動が大きく安定性にも欠け、さらに機械的強度が劣る等の欠点を有することから、特殊な小型圧力変換機器に応用されるにとどまっている。歪センサ用材料として現在最も多く使用されている材料は、Cu-Ni合金である。この合金は抵抗温度係数がきわめて小さいため、温度変化に対する特性の変動が小さいという特徴を有しているが、その反面、ゲージ率は2と小さく、さらに高感度な歪センサ用材料としては適していない。

【0007】合金バルク（塊状）材料を用いた歪センサは、上で述べたように細線もしくは箔の形で使用される。しかし、細線形状の歪センサは、グリッド形成時の残留歪の影響および加工した細線材と基板を密着させるために用いる接着剤の影響等により特性にばらつきが大きく、しかもグリッドの形成や細線材と基板の接着といった特殊技術が必要なため、生産効率が悪くコスト高の原因となっている。また、箔形状の歪センサは、加工時の歪の影響はないが、接着剤の影響については細線材と同様であり、これも問題となっている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】歪センサの応用領域は、近年のマイクロコンピュータの進歩に伴ってますます拡大し、小型化および高性能化に向かっている。「従来の技術」の中で述べた用途のいずれにも当てはまるが、特に、高感度で安定性を必要とする圧力変換器やロードセルの他、ロボットの接触センサや滑りセンサ等に使用可能な歪センサの要求が高まってきた。これらの各種センサに使用する歪センサに関して、高感度で良好な安定性を有する素材の開発ならびに製造工程の改良が緊急に求められている。

【0009】本発明が解決しようとする課題は、既に市販されている歪センサのゲージ率2を上回り、且つ実用上（ $-4 \sim 4$ ） $\times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 以内が望ましいとされている抵抗温度係数の小さい薄膜材料とその製造法を開発するにある。本発明においては、高感度で良好な安定性を有する素材として構造上安定な金属材料を対象を絞り、その中からゲージ率の高い素材としてCrに着目した。

【0010】Crのバルク（塊状）の抵抗ひずみ感度は26～28と非常に大きいことが知られている。しかし、Crは加工が非常に困難であることから、これまで細線および箔形状の歪センサに用いることはできなかった。そこで加工を必要としない薄膜化によって、Crを歪センサに応用することが考えられる。Cr薄膜のゲージ率はバルクほどではないが約15と大きい。また材料を直接基板につけてしまうので、合金バルク材料を用いた歪センサの場合に生じる接着剤の影響の問題も解消される。一方、歪センサは歪以外の物理量に対して敏感であってはならず、特に温度に対する電気抵抗の変化量は小さくなくてはならない。しかし通常の蒸着装置やスパ

ッターリング装置を用いて作製したCr薄膜の抵抗の温度依存性は、図1に示すとおり、通常使用される室温近傍において温度に対する抵抗（ここでは0℃のときの抵抗値で規格化した抵抗値 $R/R_0$ ）縦軸に用いている）の変化が大きく、そのTCRは負の大きな値（ $-6 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ ）を示し、このままでは安定性の点で歪センサに適していない。

【0011】そこで本発明は、Cr薄膜の高いゲージ率をできるだけ保持しながら、抵抗温度係数の絶対値を小さくすることによって、高感度で高安定な歪センサ用薄膜を得ることを目的としてなされたものである。

【0012】

【発明が解決するための手段】Cr薄膜作製についての幾多の実験の結果、約 $30 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ のバルクCrのTCRが薄膜化によって約 $-6 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ になる原因として、薄膜作製直前における成膜室内の真空度が関係することが明らかになった。すなわち、通常の蒸着装置やスパッターリング装置の成膜室内背景真空度はおよそ $10^{-7}$ オーダーであるが、その真空度において非常に僅かに存在する空気量の变化によってTCRが正から負に変化するのである。空気の主成分は窒素であることから、それを意図的にCr薄膜中に添加した結果、TCRが負の値をとることが可能となり、窒素濃度によってTCRの値が異なることを見出した。図2は、窒素濃度とTCRとの関係を示す。窒素を20%以下添加した膜の結晶構造を調べた結果、それらはCrのbcc構造もしくはA15型構造（参考文献）もしくはそれら両者の混合組織からなっていた。窒素濃度が小さい場合は、結晶構造はbcc構造となりTCRは正の値を示し、一方大きい場合は、結晶構造はA15型構造となりTCRは負の値を示した。

【0013】また、図3に示すCr<sub>96</sub>N<sub>4</sub>歪抵抗膜の場合のように、これらの薄膜のTCRは熱処理温度の増加に伴って増大し、熱処理温度で決まることを見出した。すなわち、成膜時に負のTCRを示す薄膜を適当な温度で熱処理することによってTCR約 $0 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ の特性を示す薄膜が得られるのである。このとき膜の結晶構造は、図4に示すCr<sub>96</sub>N<sub>4</sub>歪抵抗膜の場合のように、A15型構造から熱処理温度の増加に伴ってbcc構造へと変化していくが、この過程において、bcc構造とA15型構造が共存する組織からbcc構造単独の組織に変化する熱処理温度領域において、TCRはゼロ近傍の値が得られる。これらの製造法によって、一般式 $\text{Cr}_{100-x}\text{N}_x$ で表され、組成比xは原子%で $0.0001 \leq x \leq 30$ なる関係を有し、結晶構造力価としてbcc構造もしくは主としてbcc構造とA15型構造との混合組織からなり、ゲージ率が2以上で、且つ電気抵抗の温度係数が（ $-4 \sim 4$ ） $\times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 以内であることを特徴とするCr-N基歪抵抗膜が得られ、高感度歪センサ用材料として適していることを見い

出したのである。

【0014】Cr-N歪抵抗材料を用いることによって、約 $0 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ のTCRを得ることが可能となったが、そのTCRが約 $0 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ を示す温度領域が使用温度範囲と一致するとは限らない。そこで、それらを一致させるために、副成分の添加が有効と考えた。バルクのCrのネール点の温度（ネール温度）は特定の元素を添加することによって、低温側または高温側に移動することが知られている。したがって、抵抗値の温度依存性を示す抵抗温度曲線は、ネール点と緊密な関連があるものと考えられ、Cr-Nに副成分として種々の元素を添加し、その添加量と抵抗温度曲線の移動幅との関係について調べる実験を鋭意行った。その結果、適当な量の副成分元素をCr-Nに添加することによって、抵抗温度曲線を温度軸に沿って移動させることが可能となり、これによって抵抗温度曲線の変化量の小さい部分を使用温度範囲内に移動させ得ることが明らかとなった。

【0015】また、室温以外の温度で歪センサを使用する場合にも、Cr-Nに加える元素の種類と添加量を適当に選択することによって、所望の温度領域において抵抗温度係数が小さい歪抵抗膜が得られ、これを用いた歪センサを提供することが可能であることが判明した。

【0016】これらの知見のもとに、さらに幾多の実験を行った結果、一般式 $\text{Cr}_{100-x-y}\text{N}_x\text{M}_y$ で表され、MはTi、V、Nb、Ta、Ni、Zr、Hf、Si、Ge、C、O、P、Se、Te、Zn、Cu、Bi、Fe、Mo、W、As、Sn、Sb、Pb、B、Ga、In、Tl、Ru、Rh、Re、Os、Ir、Pt、Pd、Ag、Au、Co、Be、Mg、Ca、Sr、Ba、Mn、Alおよび希土類元素から選択される1種または2種以上の元素であり、組成比 $x$ 、 $y$ は原子%で $0.0001 \leq x \leq 30$ 、 $0 \leq y \leq 30$ 、 $0.0001 \leq x+y \leq 50$ なる関係を有し、結晶構造が主としてbcc構造もしくは主としてbcc構造とAl5型構造との混合組織からなり、ゲージ率が2以上で、且つ電気抵抗の温度係数が $(-4 \sim 4) \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 以内であるCr-N基歪抵抗膜が得られ、高感度歪センサ用材料として適していることを見出したのである。

【0017】本発明を製造するには、上記組成の合金を原料とした蒸着法、または上記組成の薄膜の形成が可能な合金ターゲット、複合ターゲットまたは多元ターゲットを用いたスパッタリング法、上記副成分元素ガスを含む成膜雰囲気を用いた反応性スパッタリング法、もしくは上記組成の薄膜の形成が可能な原料を用いた気相輸送法等により、絶縁性基板上に、または導電性基板表面に絶縁体膜を形成した上にマスク法などを用いて所望の形状および厚さの薄膜を形成する。または適当な形状の薄膜を形成した後、ドライエッチング（プラズマエッチング、スパッタエッチング等）、化学エッチング（腐食

法）、リフトオフ法、レーザトリミング法などのエッチングまたはトリミング加工などを施すことにより所望の形状に加工し、素子となす。また必要ならば温度補償として、前記素子と直角に配置した素子を同一価内に構築したゲージパターンを形成する。さらにこのままで使用するか、または必要ならばこれに電極を構築し、さらに必要ならばこれらの薄膜を大気中、非酸化性ガス中、還元性ガス中または真空中の $200^\circ\text{C}$ 以上 $1000^\circ\text{C}$ 以下の温度で、適当な時間、好ましくは1秒間以上100時間以下加熱後、適度な速度で、好ましくは $1^\circ\text{C}/\text{時}$ 以上 $100^\circ\text{C}/\text{分}$ 以下の速度で冷却することによって、抵抗ひずみ感度（ゲージ率）が2以上で、且つ抵抗温度係数が $(-4 \sim 4) \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 以内の値を有する歪センサ用Cr-N基薄膜が得られる。

【0018】第1発明

Se、Te、Zn、Cu、Bi、Fe、Mo、W、As、Sn、Sb、Pb、B、Ga、In、Tl、Ru、Rh、Re、Os、Ir、Pt、Pd、Ag、Au、Co、Be、Mg、Ca、Sr、Ba、Mn、Alおよび希土類元素から選択される1種または2種以上の元素であり、組成比 $x$ 、 $y$ は原子%で $0.0001 \leq x \leq 30$ 、 $0 \leq y \leq 30$ 、 $0.0001 \leq x+y \leq 50$ なる関係を有し、結晶構造が主としてbcc構造もしくは主としてbcc構造とAl5型構造との混合組織からなり、ゲージ率が2以上で、且つ電気抵抗の温度係数が $(-4 \sim 4) \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 以内であることを特徴とするCr-N基歪抵抗膜。

【0019】第2発明

窒素を含むガス雰囲気中で、蒸着法またはスパッタリング法により、一般式 $\text{Cr}_{100-x-y}\text{N}_x\text{M}_y$ で表され、MはTi、V、Nb、Ta、Ni、Zr、Hf、Si、Ge、C、O、P、Se、Te、Zn、Cu、Bi、Fe、Mo、W、As、Sn、Sb、Pb、B、Ga、In、Tl、Ru、Rh、Re、Os、Ir、Pt、Pd、Ag、Au、Co、Be、Mg、Ca、Sr、Ba、Mn、Alおよび希土類から選択される1種または2種以上の元素であり、組成比 $x$ 、 $y$ は原子%で $0.0001 \leq x \leq 30$ 、 $0 \leq y \leq 30$ 、 $0.0001 \leq x+y \leq 50$ なる関係を有し、結晶構造が主としてbcc構造もしくは主としてbcc構造とAl5型構造との混合組織からなるCr-N基歪抵抗膜を、絶縁性基板上に成膜するか、または導電性基板上に絶縁体膜を形成した上に成膜し、ついで該歪抵抗膜を $200^\circ\text{C}$ 以上 $1000^\circ\text{C}$ 以下の温度で熱処理することを特徴とするCr-N基歪抵抗膜の製造法。

【0020】第3発明

第1発明に記載のCr-N基歪抵抗膜を用いたことを特徴とする歪センサ。

【0021】

【作用】Cr-N薄膜は窒素濃度によってTCRの値が

異なり、窒素濃度が小さい場合は、結晶構造はbcc構造となりTCRは正の値を示し、大きい場合は、結晶構造は主としてA15型構造となりTCRは負の値を示した。また、図3に示すように、これらの薄膜のTCRは熱処理温度の増加に伴って増大し、熱処理温度に強く依存することを見出した。したがって、適量の窒素を含む雰囲気ガス中で成膜した負TCRを示す薄膜を、適当な温度で熱処理することによって、TCRがゼロの特性を示す優れたCr-N歪抵抗膜が得られると考えられる。このときの膜の結晶構造は、図4に示すように、A15型構造から熱処理温度の上昇に伴ってbcc構造へと変化していくが、この過程において、bcc構造とA15型構造が共存する組織からbcc構造単独の組織に変化する温度領域においてTCRはゼロ近傍の値をとる。

【0022】窒素濃度が約15%よりも大きい場合は、Cr窒化物(Cr<sub>2</sub>NおよびCrN等)の微結晶もしくはアモルファス状態のCr-Nが、bcc構造のCrもしくはbcc構造とA15型構造が共存するCrの膜中に生じ、結晶構造が判別しにくくなることもある。このような場合もTCRは負の値を示すが、熱処理によってTCRの制御が可能であり、小さくすることができる。しかし、これらCr窒化物の微結晶もしくはアモルファス状態のCr-Nの占める割合が多くなるにつれてTCRは増大し、30%を超えるとほぼ膜全体がCr窒化物になりTCRは $4 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ を超えてしまうため好ましくない。したがって、窒素濃度は30%以下に限定した。

【0023】図5の実線は、500℃で熱処理したCr<sub>96</sub>N<sub>4</sub>歪抵抗膜の抵抗温度曲線を示す。約-80℃から+150℃の温度範囲で曲線の傾きが小さく、すなわち温度変化が小さいので、この温度範囲で用いる歪センサとして非常に優れた特性を示している。実際、この曲線の傾きから計算したTCRは $\pm 1 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 以内と小さい値であった。ここで、使用したい温度範囲がもう少し高温である場合、このTCRが小さい約-80℃から+150℃の温度範囲をその所望の温度範囲まで移動させる必要がある。そのための手段として、適当な量の副成分元素をCr-Nに加えることが有効と考えられる。図5の破線点線および一点鎖線は、Cr<sub>96</sub>N<sub>4</sub>にMnをそれぞれ1%、2%および3%添加したCr<sub>96-y</sub>N<sub>4</sub>Mn<sub>y</sub> (y=1、2および3) 薄膜の抵抗温度曲線を示す。図から、Mn量の増加に伴い、抵抗温度曲線が高温側に移動していくことがわかる。このように副成分元素の添加によって、抵抗温度曲線を温度軸に沿って移動させることができ、抵抗温度曲線の変化の小さい領域を使用温度範囲内に移動させることが可能となる。このとき抵抗温度曲線を低温側に移動させる働きをもつ元素および高温側に移動させる働きをもつ元素を使い分ける必要がある。

【0024】図6～13には、高周波スパッタリング装

置を用いてガラス基板上に成膜したCr<sub>100-x-y</sub>N<sub>x</sub>M<sub>y</sub> 試料について、各副成分元素Mの添加量yと、0～50℃における抵抗温度係数および室温(約20℃)におけるゲージ率との関係を示す。これらの図からわかるように、Ti、V、Nb、Ta、Ni、Zr、Hf、Si、Ge、C、O、P、Se、Te、Zn、Cu、Bi、Fe、Mo、W、As、Sn、Sb、Pb、B、Ga、In、Tl、Ru、Rh、Re、Os、Ir、Pt、Pd、Ag、Au、Co、Be、Mg、Ca、Sr、Ba、Mn、Alおよび希土類元素のそれぞれ30%以下のうち1元素または2元素以上、および窒素を加えた合計0.0001～50%、好ましくは0.1～40%、さらに好ましくは1～40%および残留Crと限定した理由は、これらの範囲ではゲージ率が2以上の高い値が得られ、且つ抵抗温度係数が $(-4 \sim 4) \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 以内の小さい値が得られるからであり、これらの範囲外では、これらの効果が期待できないからである。

【0025】上記副成分のうち、Hf、Zr、P、As、Sb、Mg、Ca、CoおよびPdは、限定の範囲を超えても抵抗温度係数が $(-4 \sim 4) \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 以内を示すが、30%を超えると、ゲージ率が2よりも小さくなってしまいますので、ストレインゲージに適用することができず、したがって、これらの元素に対して上記限定をもうけた。

【0026】図2～7から、ゲージ率は副成分の添加量の増加に伴って減少することがわかるが、C、Si、Ge、AlおよびGaは、副成分の添加量の増加に対しゲージ率の減少が小さく、また、Ni、NbおよびTiは、それら副成分を少量添加するだけで極小点が室温付近に移動するので、高いゲージ率を得ることができる。これらの高いゲージ率を得ることができる元素を複数加えた場合は高いゲージ率が得られ、また、本発明の副成分のうちから2元素以上を加えた場合、すべて2より大きなゲージ率の値が得られた。

【0027】なお、希土類元素はSc、Yおよびランタン系元素(La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、YbおよびLu)からなるが、その効果は均等であり、いずれも同効成分である。

【0028】図14は、加熱温度と本発明合金(試料番号:13)の抵抗温度係数、比抵抗およびゲージ率との関係を示す。図に見られるように、本発明合金を200℃以上1000℃以下の温度範囲において、1分間以上100時間以下加熱し、ついで1℃/時以上1000℃/分以下の速度で冷却することにより、所望のゲージ特性が得られる。熱処理の条件において、200℃以上1000℃以下の温度範囲において、好ましくは1分間以上100時間以下加熱するように限定した理由は、この処理条件内ではゲージ率が2以上で、且つ抵抗温度係数

が $(-4 \sim 4) \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 以内になって好ましいからである。200℃以下では安定なTCRが得られず好ましくない。また1000℃以上では、所望のTCRが得られず好ましくない。

【0029】

【実施例】本発明の実施例について説明する。

実施例1 試料番号1（組成：Cr-4%N）の合金薄膜の製造と評価

直径105mmおよび厚さ3mmのCrの円盤（純度99.9%）を銅製電極にボンディングし、スパッタ用ターゲットとする。成膜雰囲気としてスパッタリングガスであるAr（アルゴン）と伴に窒素ガスを微量流し、このターゲットからマグネトロン方式高周波スパッタリング装置を用いて、下記に示したスパッタリング条件で厚さ約0.36μmのCr-N薄膜を作製する（反応性スパッタリング）。基板には成膜前にガラス製のマスクをかぶせておき、成膜時にパターン化した薄膜を形成できるようにする。

予備排気  $1 \times 10^{-7} \text{ Torr}$   
高周波電力 100W  
アルゴン流量 20.0SCCM  
窒素流量 0.9SCCM

\* 雰囲気ガス圧  $1 \times 10^{-2} \text{ Torr}$   
基板 ガラス（CORNING#0211）  
基板温度 非加熱  
電極間距離 50mm  
成膜速度  $30 \text{ \AA/min}$   
作製した薄膜にハンダを用いて直径0.05mmの被服導線を溶接して電極となし、4端子法にて抵抗温度係数およびゲージ率の測定を行った。その結果、表1に示したとおり、 $-6 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ の負の抵抗温度係数と7.1のゲージ率が得られた。次に得られた薄膜を、各種雰囲気中200℃～1000℃の各種温度で適当時間加熱後室温まで炉中冷却（冷却速度：200℃/時間）した。表1は、それらの熱処理条件と、測定したゲージ率、比抵抗および抵抗温度係数（TCR）を示す。いずれの雰囲気においてもゲージ率は改善され、大きな値を示した。熱処理温度の上昇に伴って抵抗温度係数は大きくなり、約560℃で熱処理した試料でTCRが $0.04 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 、ゲージ率が7.4という非常に優れた特性が得られた。

【0030】

【表1】

熱処理条件			ゲージ率 (20℃)	比抵抗 (20℃) ( $\mu\Omega\text{-cm}$ )	TCR (0~50℃) ( $10^{-4}/^\circ\text{C}$ )
雰囲気	温度 (℃)	時間 (h)			
as-depo.	-	-	7.1	82.15	-6.00
大気中	350	0.5	7.3	81.87	-2.00
H <sub>2</sub> 気流中	350	0.5	7.3	80.03	-1.80
真空中	200	2	7.2	82.02	-4.22
真空中	560	2	7.4	81.54	0.04
Ar気流中	700	2	7.6	81.22	1.50
真空中	1000	2	8.0	79.63	4.00

【0031】実施例2 試料番号14（組成：Cr-4%N-6.0%V）の合金薄膜の製造と評価 純度99.9%のCrおよびVをアークメルト法によって合金化し、直径203mmおよび厚さ5mmの合金ターゲットを作製する。その合金ターゲットを銅製電極にボンディングしてスパッタ用ターゲットとする。このターゲット※

予備排気  $2 \times 10^{-8} \text{ Torr}$   
加速電圧 700V  
イオン電流密度  $2 \text{ mA/cm}^2$   
窒素ガス流量 0.5SCCM  
窒素ガス圧 0.5mtorr  
基板 表面にSiO<sub>2</sub>絶縁膜を形成したステンレス  
基板温度 500℃  
イオン源-ターゲット間距離 120mm  
基板-ターゲット間距離 120mm  
成膜速度  $90 \text{ \AA/min}$

※からイオンビームスパッタリング装置を用いて、下記に示したスパッタリング条件で厚さ0.36μmの薄膜を作製する。基板には成膜前にガラス製のマスクをかぶせておき、成膜時にゲージパターンを形成できるようにし、さらにNiおよびAuの積層電極を構築する。

作製した薄膜の電極にAu線を溶接し、4端子法にて抵抗★50抗温度係数およびゲージ率の測定を行った結果、それぞ

れ $4.5 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ および9.4の値が得られた。次に得られた薄膜に、各種雰囲気中 $200^\circ\text{C} \sim 1000^\circ\text{C}$ の各種温度で適当時間加熱後、室温まで炉中冷却（冷却速度： $500^\circ\text{C}/\text{時間}$ ）した。表2は、それらの熱処理条件と、測定したゲージ率、比抵抗および抵抗温度係数（TCR）を示す。いずれの雰囲気においてもゲージ率は温度の上昇に伴って増大した。図14は、これら熱処理を真空中2時間の条件で施した場合の熱処理温度と抵抗温度係数、比抵抗およびゲージ率との関係を示す。\*

熱処理条件			ゲージ率 ( $20^\circ\text{C}$ )	比抵抗 ( $20^\circ\text{C}$ ) ( $\mu\Omega\text{-cm}$ )	TCR ( $0 \sim 50^\circ\text{C}$ ) ( $10^{-4}/^\circ\text{C}$ )
雰囲気	温度 ( $^\circ\text{C}$ )	時間 (h)			
as-depo.	-	-	9.4	62.00	-4.50
大気中	350	0.5	9.8	60.24	-0.95
$\text{H}_2$ 気流中	350	0.5	9.7	59.92	-1.02
真空中	200	2	9.5	61.98	-4.25
真空中	450	2	10.9	58.30	-0.03
$\text{N}_2$ 気流中	500	2	11.1	57.41	0.47
真空中	1000	2	13.2	54.02	4.00

【0033】実施例3 試料番号53（組成：Cr-4%N-1.2%A1-1.6%Si）の合金薄膜の製造と評価 純度99.99%のCr、純度99.9%のA1および純度99.999%のSiを、97.0%Cr、1.3%A1および1.7%Siの配合で高周波溶解炉により溶解して合金化し、そのうち約1gを蒸発源原料とする。この原料を用いて、窒素気流中真空蒸着装置内において下記の条件のもと真空蒸着によって厚さ1.2 $\mu\text{m}$ の薄膜を作製する。基板には成膜前に金属製のマスクをかぶせておき、成膜時にゲージパターンを形成できるようにする。

真空度  $6 \times 10^{-7} \text{ Torr}$   
 基板 ポリイミド（厚さ0.1mm）  
 基板温度  $200^\circ\text{C}$   
 窒素ガス流量 10SCCM  
 窒素ガス圧 10mtorr  
 基板-蒸発源間距離 180mm  
 成膜速度 130Å/min

作製した薄膜を真空蒸着装置から取り出し、基板を覆う※

熱処理条件			ゲージ率 ( $20^\circ\text{C}$ )	比抵抗 ( $20^\circ\text{C}$ ) ( $\mu\Omega\text{-cm}$ )	TCR ( $0 \sim 50^\circ\text{C}$ ) ( $10^{-4}/^\circ\text{C}$ )
雰囲気	温度 ( $^\circ\text{C}$ )	時間 (h)			
as-depo.	-	-	7.9	99.36	-5.40
大気中	350	0.5	8.0	97.92	-0.70
$\text{H}_2$ 気流中	350	0.5	8.0	96.83	-1.12
真空中	200	2	8.0	98.12	-2.16
真空中	450	2	8.1	97.16	0.10
$\text{Ar}+10\%\text{N}_2$ 気流中	500	2	8.1	97.02	0.84
真空中	1000	2	8.2	95.70	6.12

\*抵抗温度係数は負から正へと増大し、比抵抗は加熱温度の上昇とともに小さくなっていくが、ゲージ率は単調な増加傾向を示した。 $450^\circ\text{C}$ の温度で熱処理した試料において $0.03 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ という非常に小さいTCRおよび10.9の大きなゲージ率が得られた。高感度で高安定なストレインゲージを製造する上で本発明の熱処理は有効であることが判明した。

【0032】

【表2】

※マスクを交換した後再び真空蒸着装置にて電極用のCu膜を形成し、ハンダを用いて直径0.2mmの被服導線を溶接して4端子法にて抵抗温度係数およびゲージ率の測定を行った結果、それぞれ $-5.4 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ および7.9の値が得られた。次に得られた薄膜に、各種雰囲気中 $200^\circ\text{C} \sim 1000^\circ\text{C}$ の各種温度で適当時間加熱後、室温まで炉中冷却（冷却速度： $500^\circ\text{C}/\text{時間}$ ）した。表3は、それらの熱処理条件と、測定したゲージ率、比抵抗および抵抗温度係数（TCR）を示す。実施例1と同様、いずれの雰囲気においてもゲージ率は改善され、大きな値を示した。また、これも同様に熱処理温度の上昇に伴って抵抗温度係数は増大し、 $450^\circ\text{C}$ で熱処理した試料において $0.1 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ の非常に小さなTCRおよび8.1の大きなゲージ率を示した。すなわち、本発明合金を使用することによって高感度・高安定性歪センサを提供できることが明らかになった。

【0034】

【表3】

【0035】本発明にかかる多数の成膜実験を鋭意行い、種々の成膜方法を用いて種々の基板上にCr100-x-yNxMy薄膜を作製した。表4および表5に、それらの中から窒素を4%含む試料における、成膜したままの試料の場合、もしくは種々の条件で熱処理を施した試料の場合について、本発明の代表的な薄膜のゲージ\*

\*率(K)、比抵抗( $\rho$ )および抵抗温度係数(TCR)の測定結果を、副成分の組成および熱処理条件とともに示す。

【0036】

【表4】

試料 番号	副成分の組成(%) (残部Cr-4%N)	熱処理条件			ゲージ率 (20°C)	比抵抗 (20°C) ( $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )	TCR (0~50°C) ( $10^{-4}/^\circ\text{C}$ )
		温度 (°C)	時間 (h)	冷却速度 (°C/h)			
1		580	2	100	7.4	81.54	0.04
2	Be 4.1	-	-	-	7.7	84.31	0.01
3	Mg 6.3	-	-	-	4.7	67.24	-0.02
4	Ca 8.7	-	-	-	5.8	71.38	0.00
5	Sr 14.4	550	16	100	9.6	72.15	0.43
6	Ba 11.9	600	12	150	7.9	76.36	0.03
7	Mn 18.6	-	-	-	3.8	106.88	-0.04
8	Fe 8.7	-	-	-	5.6	94.74	0.18
9	Co 11.1	-	-	-	5.4	97.74	-0.05
10	Ni 4.8	500	3	200	11.2	96.45	0.13
11	Mo 14.7	-	-	-	3.6	54.26	-0.09
12	W 4.8	-	-	-	9.3	55.87	0.09
13	Ti 3.0	-	-	-	10.6	60.03	0.71
14	V 8.0	450	2	100	10.9	58.30	-0.03
15	Zr 13.8	450	24	100	7.9	57.44	0.35
16	Nb 5.4	-	-	-	11.2	56.87	0.07
17	Hf 16.8	-	-	-	6.7	71.45	0.48
18	Ta 9.6	500	10	80	8.3	69.66	-0.11
19	Ru 8.8	-	-	-	9.1	74.83	-0.13
20	Rh 12.0	500	5	100	8.0	73.92	0.06
21	Re 15.4	-	-	-	5.4	79.12	-0.02
22	Os 10.8	-	-	-	6.2	78.27	0.04
23	Ir 12.6	-	-	-	5.4	80.33	-0.05
24	Pt 14.4	-	-	-	5.7	71.25	0.09
25	Pd 25.8	-	-	-	3.9	70.30	0.11
26	Ag 11.6	-	-	-	6.2	72.96	0.09
27	Au 14.0	450	2	50	6.1	75.39	0.08
28	Y 5.8	500	60	80	8.2	73.41	0.12
29	La 10.2	-	-	-	5.7	73.39	0.01

【0037】

※ ※【表5】



15

16

試料 番号	副成分の組成(%) (残部Cr-N)				熱処理条件			ゲージ率 (20°C)	比抵抗 (20°C) ( $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )	TCR (0~50°C) ( $10^{-4}/^\circ\text{C}$ )
					温度 (°C)	時間 (h)	冷却速度 (°C/h)			
30	Ce	7.6			-	-	-	6.6	73.05	0.04
31	B	5.4			-	-	-	8.2	70.05	0.04
32	Al	3.5			-	-	-	12.4	70.90	-0.04
33	Ga	11.4			-	-	-	10.0	71.32	0.10
34	In	12.6			450	5	120	6.5	71.88	-0.01
35	Tl	14.1			-	-	-	6.6	75.99	-0.03
36	Cu	9.6			-	-	-	5.6	76.89	0.05
37	Zn	8.7			500	20	150	9.7	76.72	0.52
38	C	12.0			-	-	-	13.1	86.08	0.33
39	Si	19.2			-	-	-	11.7	91.45	-0.13
40	Ge	16.8			-	-	-	10.8	91.67	-0.56
41	Sn	23.4			-	-	-	9.1	89.22	-0.22
42	Pb	42.6			620	48	500	8.7	78.77	0.00
43	O	13.2			-	-	-	8.6	96.18	-0.05
44	P	16.2			-	-	-	8.1	80.63	-0.08
45	As	16.2			-	-	-	8.1	76.24	0.02
46	Sb	20.1			-	-	-	3.8	72.39	0.03
47	Bi	11.7			-	-	-	5.2	71.46	-0.11
48	Se	13.8			-	-	-	10.1	82.96	0.01
49	Te	17.4			400	72	10	6.2	81.32	-0.07
50	C	3.0	Al	1.3	-	-	-	8.4	108.54	0.76
51	C	3.0	Si	1.5	-	-	-	8.8	107.23	-0.76
52	C	3.0	Nb	0.8	-	-	-	7.4	102.81	-0.63
53	Al	1.2	Si	1.6	450	2	100	8.1	97.16	0.10
54	Al	1.2	Ni	0.4	500	24	200	7.9	96.28	-0.60
55	Al	1.2	Nb	0.4	-	-	-	7.5	95.04	-0.31
56	Si	1.6	Ni	0.4	-	-	-	7.6	102.39	0.13
57	Al	10.0	Si	4.0	Ni	1.0	-	6.9	112.72	0.64
58	Mn	22.0	Si	13.0	Sn	8.0	500	10	120.17	0.45

## 【0038】

【発明の効果】本発明のCr-N基歪抵抗膜は、広い温度範囲にわたって抵抗温度係数が小さく、且つ従来の材料よりもゲージ率が格段に大きい。すなわち、本発明のCr-N基歪抵抗膜は、ゲージ率が2以上で、且つ抵抗温度係数が $(-4\sim4)\times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ 以内であるので、これを用いた歪センサは、高感度・高安定性を発揮する効果がある。したがって、本発明の薄膜よりなるストレーンゲージは、ロードセル、ストレーンセンサ、重量計、加速度計、各種応力・歪計および各種セキュリティ機器等に好適である。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、通常の蒸着装置やスパッタリング装置を用いて作製したCr薄膜の電気抵抗の温度依存性を示す特性図。

【図2】図2は、 $\text{Cr}_{100-x}\text{N}_x$ 歪抵抗膜における窒素濃度とTCRとの関係を示す特性図。

【図3】図3は、 $\text{Cr}_{96}\text{N}_4$ 歪抵抗膜における熱処理\*50

\*温度とTCRとの関係を示す特性図。

【図4】図4は、各熱処理温度における $\text{Cr}_{96}\text{N}_4$ 歪抵抗膜のX線回折パターンを示す。

【図5】図5は、 $\text{Cr}_{96-y}\text{N}_4\text{Mn}_y$  ( $y=0, 1, 2, 3$ )歪抵抗膜の抵抗温度曲線を示す特性図。

【図6】図6は、副成分として加えるBe、Mg、Ca、SrおよびBaの量に対する0~50°Cにおける抵抗温度係数および室温(20°C)におけるゲージ率を示す特性図。

【図7】図7は、副成分として加えるFe、Co、MnおよびAlの量に対する0~50°Cにおける抵抗温度係数および室温(20°C)におけるゲージ率を示す特性図。

【図8】図8は、副成分として加えるTi、V、Zr、Nb、HfおよびTaの量に対する0~50°Cにおける抵抗温度係数および室温(20°C)におけるゲージ率を示す特性図。

【図9】図9は、副成分として加えるTi、V、Zr、

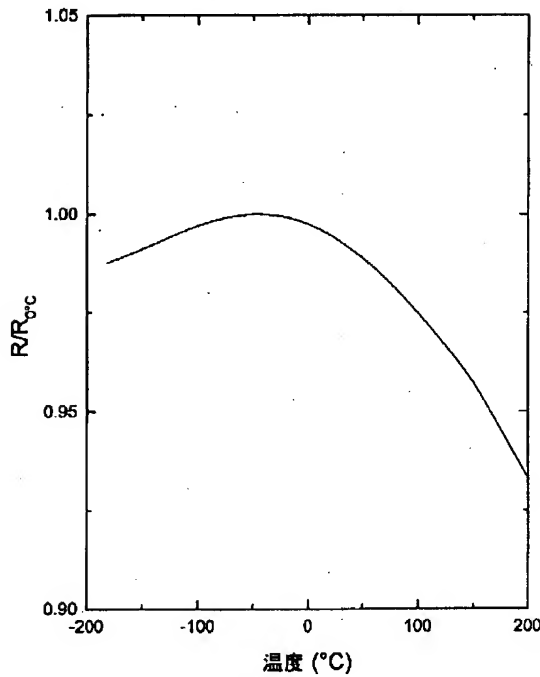
17

Nb、Hf、Ta、Ni、Ge、Si、C、N、P、S eおよびTeの量に対する0～50℃における抵抗温度係数および室温（20℃）におけるゲージ率を示す特性図。

【図10】図10は、副成分として加えるRu、Rh、Re、Os、Ir、PtおよびPdの量に対する0～50℃における抵抗温度係数および室温（20℃）におけるゲージ率を示す特性図。

【図11】図11は、副成分として加えるAg、Au、Y、LaおよびCeの量に対する0～50℃における抵抗温度係数および室温（20℃）におけるゲージ率を示す特性図。

【図1】



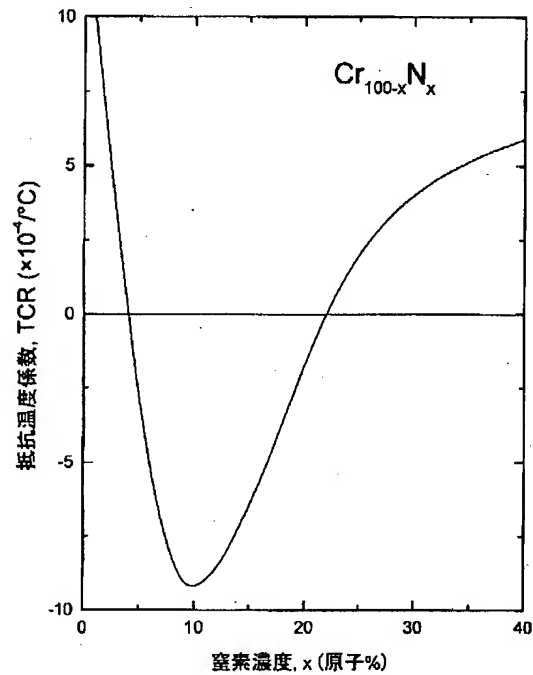
18

【図12】図12は、副成分として加えるPb、Sn、As、Sb、Bi、WおよびMoの量に対する0～50℃における抵抗温度係数および室温（約20℃）におけるゲージ率を示す特性図。

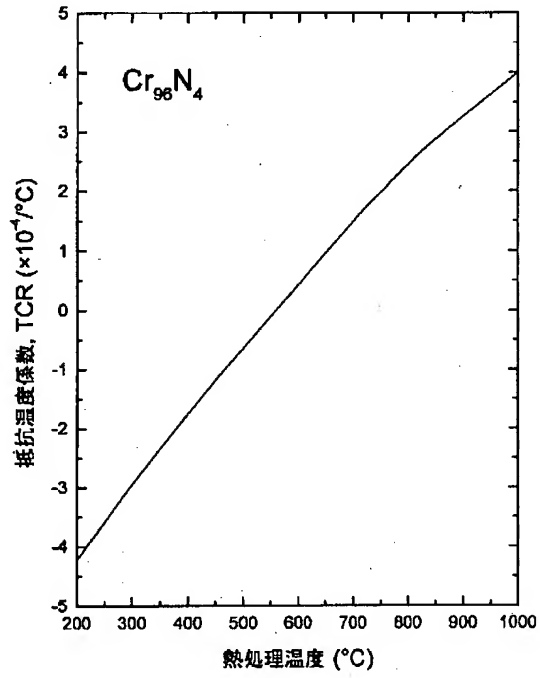
【図13】図13は、副成分として加えるB、Ga、In、Tl、CuおよびZnの量に対する0～50℃における抵抗温度係数および室温（約20℃）におけるゲージ率を示す特性図。

【図14】試料番号14（組成：Cr-4%N-6%V）の合金薄膜に真空中2時間の熱処理を施した場合の熱処理温度と抵抗温度係数、比抵抗およびゲージ率との関係を示す特性図。

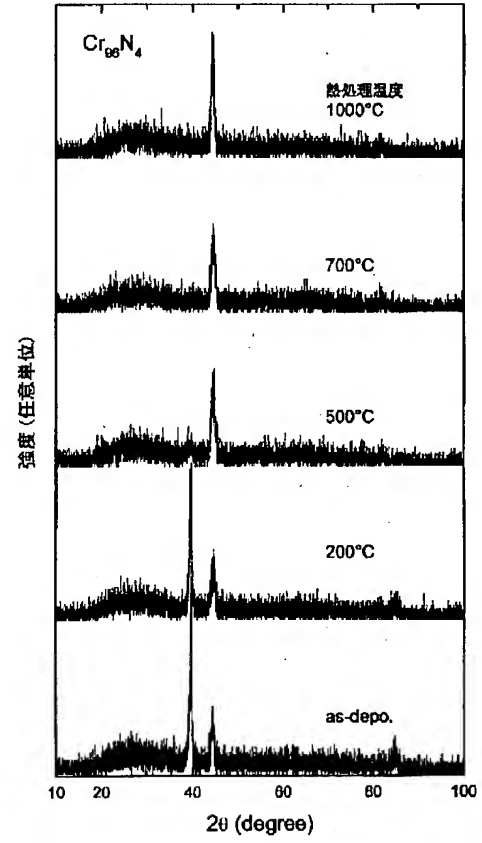
【図2】



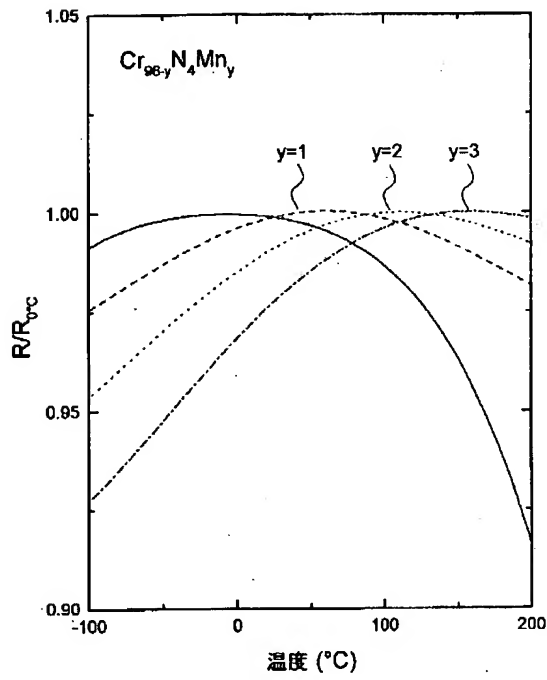
【図3】



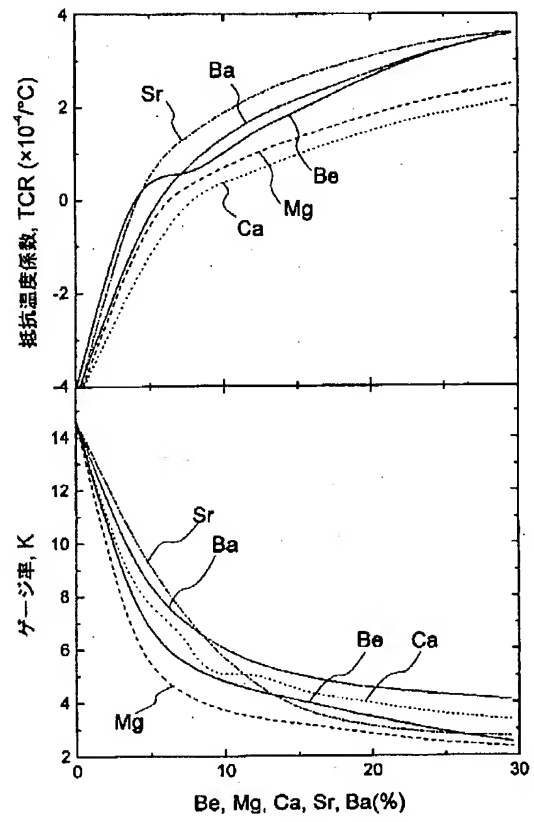
【図4】



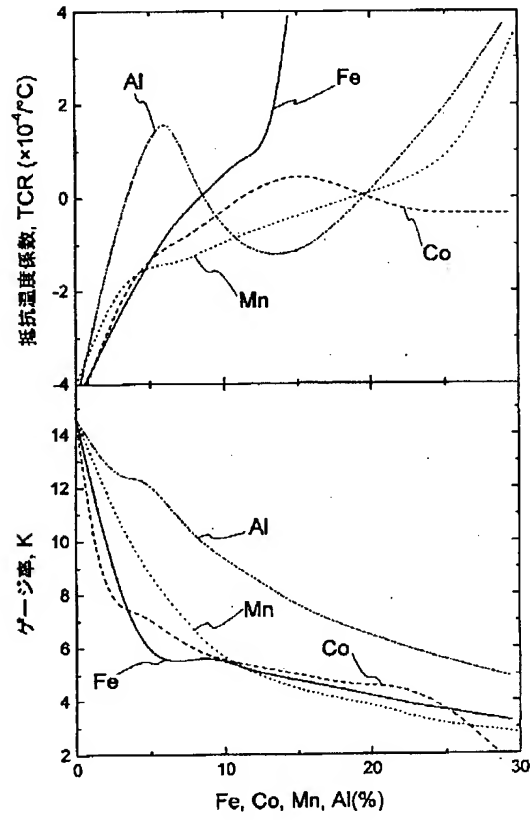
【図5】



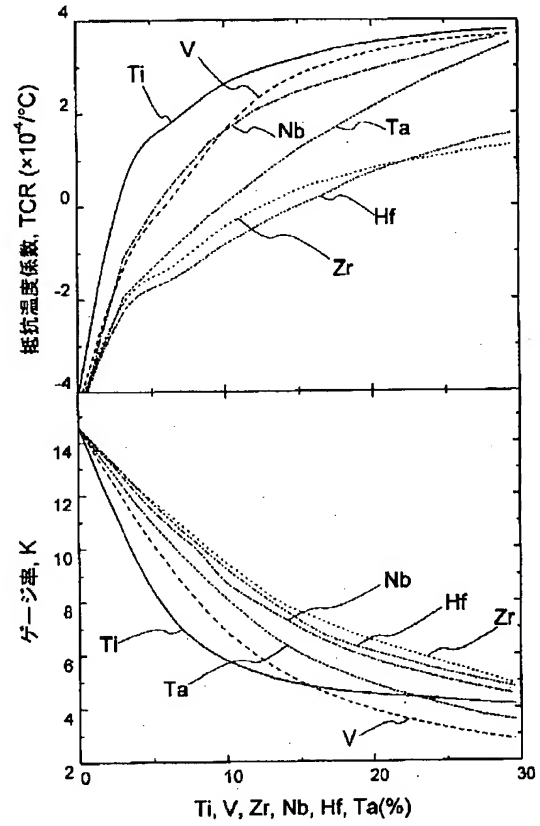
【図6】



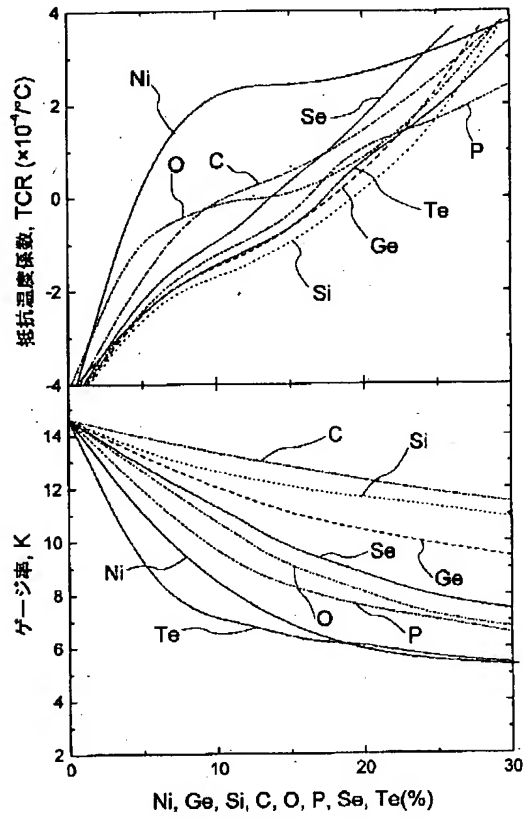
【図7】



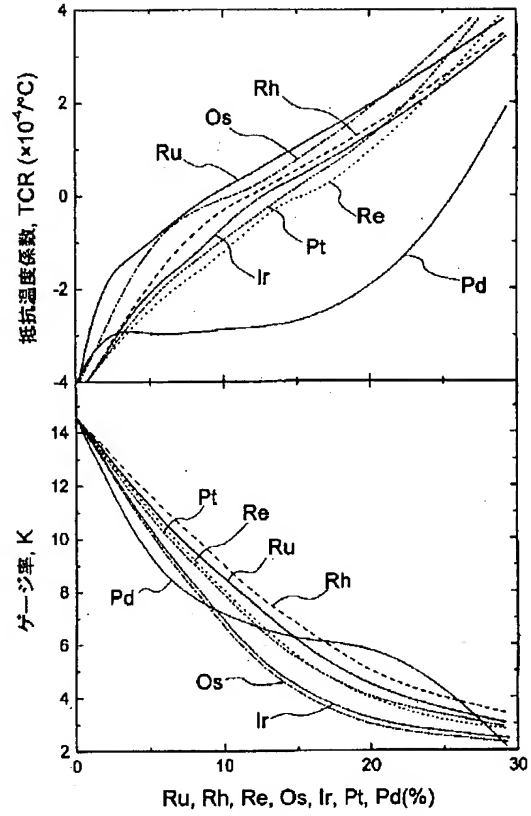
【図8】



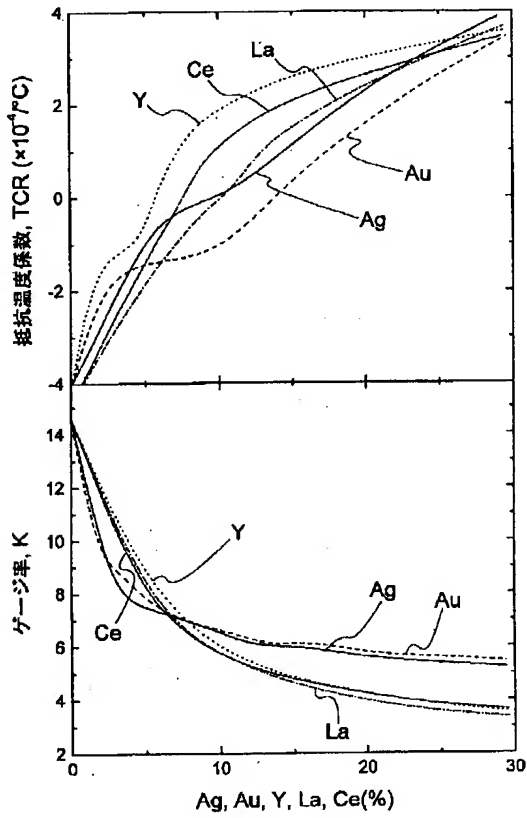
【図9】



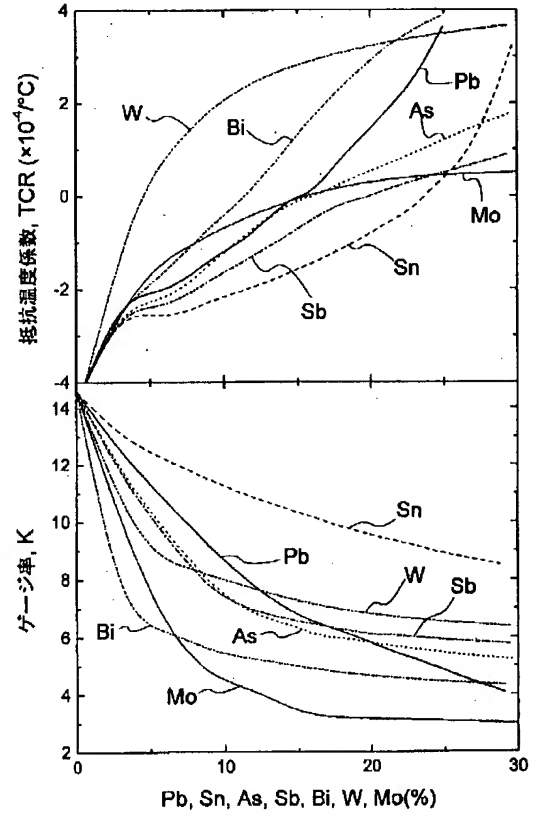
【図10】



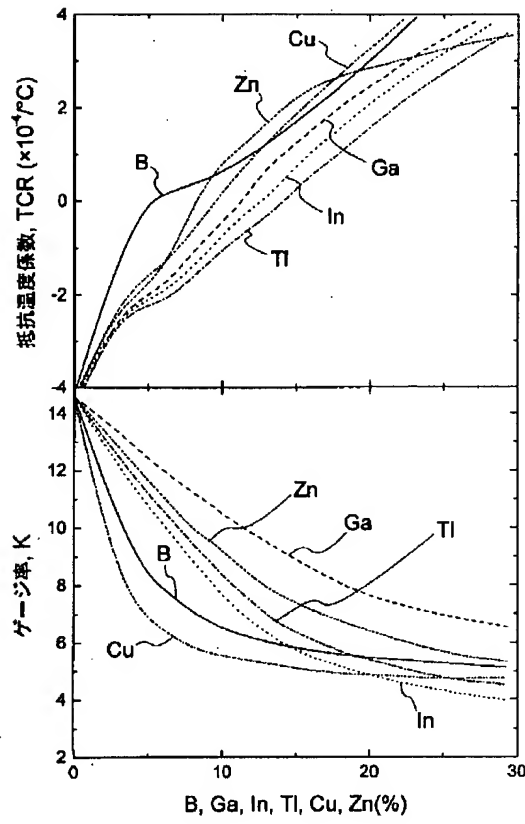
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

